

Yusufeli mikro havzasında (Artvin) yüzey erozyonu toprak kaybının tahmin edilmesi ve erozyon risk haritasının oluşturulması

Estimating surface soil erosion losses and mapping erosion risk for Yusufeli micro-catchment (Artvin)

Mustafa TÜFEKÇİOĞLU, Mehmet YAVUZ

Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Artvin, Türkiye

Eser Bilgisi

Araştırma makalesi

DOI: 10.17474/acuofd.47342

Sorumlu yazar: Mustafa
TÜFEKÇİOĞLU

e-mail: mtufekcioglu61@gmail.com

Geliş tarihi: 01.04.2016

Düzeltilme tarihi: 07.09.2016

Kabul tarihi: 20.09.2016

Anahtar kelimeler:

Yüzey Toprak Erozyonu

RUSLE

CBS

Yusufeli

Keywords:

Surface Soil Erosion

RUSLE

GIS

Yusufeli

Özet

Akarsu ve göl ekosistemlerini etkileyen en önemli su erozyonu tiplerinden biri toprağın üst kısmında ince tabaka halinde gerçekleşen yüzey toprak erozyonudur. Bu erozyon tipini önemli kılan en anlamlı faktör ise üst topraktaki verimli kısmın çok kısa süre içerisinde alandan kayboluşu ve beraberinde gerçekleşen olumsuz sonuçlardır. Bu çalışmayla yüzey toprak erozyonu miktarının RUSLE modeli kullanılarak tahmin edilmesi ve çalışma alanı içerisindeki alansal dağılımının ortaya konulması amaçlanmıştır. Çalışma Artvin iline bağlı Yusufeli ilçesi yakınlarındaki 245 km²'lik bir alanda RUSLE erozyon hesaplama metodolojisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma neticesinde alandan hesaplanan tahmini ortalama yüzey erozyonu 3.6 ton ha⁻¹yıl⁻¹'dir. Yapılan araştırmada ortaya çıkan sonuç ve haritalar, öncelikli erozyon risk alanların belirlenmesi ve bu gibi alanlar için uygun erozyon kontrol çalışmalarının oluşturulması açısından büyük önem arz etmektedir.

Abstract

Sheet erosion, one of the most important types of water erosion, takes place on the top soil as tiny soil layer movement that affects lake and stream ecosystem. This type of erosion is very important because the productive soil layer on the top soil can be lost in a very short period of time. The goal of this study was to quantify the amount of surface (sheet and rill) soil erosion, and to identify areas under high erosion risk within the study area at Yusufeli province in Artvin by using RUSLE erosion methodology. As a result of the study it was found that the average annual potential soil loss by surface erosion was 3.6 ton ha⁻¹yr⁻¹. Additionally, the maps produced and conclusions reached by the study revealed that the areas of high erosion risk were identified spatially and measures to control erosion on some of these high risk areas can be possible with appropriate erosion control techniques.

GİRİŞ

Uzun bir oluşum süreci neticesinde doğal bir kaynak olarak var olan toprak ve üzerinde yaşayan her canlı türü geçmişte olduğu gibi bugün ve yarında insanoğlunun var oluşu için çok büyük bir öneme sahiptir. Nitekim toprak sahip olduğu bu önemli özelliğiyle insanlar ve doğadaki bütün diğer canlılar için bir barınak ve besin kaynağının temelini oluşturmaktadır. Fakat özellikle son yüzyılda yapılan birtakım yanlış ve amaç dışı arazi kullanım uygulamaları ve bunlara ilaveten erozyon riskinin yüksek olduğu alanlardaki koruyucu önlemlerin eksikliğinden yâda yetersizliğinden dolayı mevcut toprak yapısı çok kısa sürede ve büyük miktarlarda erozyona uğrayıp alandan taşınmakta ve neticesinde bu kaynağın sürdürülebilir kullanımını engellemektedir. Nitekim erozyon ve iklim değişimi çölleşmeyi/arazi bozulmasını tetikleyen en önemli iki faktördür. Bu bozulma neticesinde dünyada her yıl yaklaşık 24 milyar ton üst

toprak tabakası kaybolmaktadır (ÇMUSEP 2015). Erozyon neticesinde verimsizleşen toprak yapısı ve diğer birtakım yanlış uygulamaların (hatalı sulama neticesinde toprak tuzlanması ve tekniğine uygun yapılmayan hayvancılık faaliyetleri neticesinde meraların bozulması) etkisiyle yaklaşık 10 milyon insan göç etmek zorunda kalmıştır (ÇMUSEP 2015). Değişen iklim, topografya ve ana materyal özelliklerine bağlı olarak 1 cm kalınlığındaki bir toprak tabakasının oluşumu için 100 ila 1000 yıl gibi çok uzun yılların geçmesi gerektiği düşünüldüğünde bir yıl içinde gerçekleşen 1 mm'lik yüzey erozyonunun çok önemli ve kayda değer bir rakam olduğu ortaya çıkmaktadır. Şiddetli erozyonla birlikte kaybolan toprak beraberinde alandaki flora ve fauna zenginliğini azaltmakla kalmayıp doğal su kaynaklarının kirlenmesine ve bu kaynaklar içerisindeki sucul ekosistemlerin zarar görmesine sebebiyet vermektedir (Tufekcioglu ve ark. 2012). Sedimentasyonla birlikte kirlenen akarsu ve göl ekosistemleri işlevlerini yerine getiremeyip ötrofik

(yüksek konsantrasyondaki askıda sediment miktarı ve buna bağlı olarak gelişen besin elementleriyle (özellikle N ve P) zenginleştirilmiş, değer taraftan oksijen miktarı bakımından fakirleştirilmiş göl ve akarsu ekosistemleri) bir ortama dönüşmektedir (Carpenter ve ark. 1998). Sedimentasyonun diğer önemli etki alanlarından biri de baraj rezervuarlarını çok kısa süre içerisinde doldurması ve ekonomik ömürlerini kısaltmasıdır (Morgan 2005). Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından uygulanan planlamaya göre Çoruh Nehri havzasında yapılan ve yapılmakta olan toplam baraj sayısı 16 ve nehir tipi HES sayısı ise 162'dir. Yıllık 6.3 milyar m³ 'lik akış rejimine sahip Çoruh Nehri yılda 5.8 milyon m³ sediment taşımaktadır (Sucu ve Dinç 2008). Taşınan sedimentin büyüklüğü göz önüne alındığında özellikle nehir üzerinden yapılacak olan barajların ekonomik ömürlerini çok daha kısaltacağı ve bunun önlenmesi için erozyon riskinin fazla olduğu öncelikli alanlardaki gerekli koruyucu/ıslah edici önlemlerin acilen alınması ya da mevcut önlemlerin sayılarının artırılması gerektiği gerçeği ortaya çıkmaktadır.

Günümüzde birçok dünya ülkesi erozyon tehlikesinden dolayı mevcut kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını gerçekleştirememektedir. Yapılan araştırmalara göre arazi bozulumu/çölleşme neticesinde dünya da yaklaşık 1.2 milyar insan direk etkilenmektedir. Yine bu bozulum neticesinde 135 milyon insan göç etme riskiyle karşı karşıya gelmiştir (ÇMUSEP 2015). Bununla beraber dünyada Türkiye'nin de içinde yer aldığı Asya Kıtası erozyonun en çok görüldüğü alanları ihtiva etmektedir (EMEP 2013). Tarımsal potansiyelin giderek azaldığı ülkemizde her yıl denizlere ve akarsulara yaklaşık 500 ila 1000 milyon ton arasında toprak ulaştığı farklı kaynaklarca ifade edilmektedir (Çakal ve ark., 1997; UNCCD 2006; TEMA 2015). Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğünün raporlarına göre yapılan son çalışmalar ışığında bu değer 168 milyon tona çekildiği ifade edilmektedir (ÇEM 2015). Büyük miktarlarda gerçekleşen bu erozyonun en büyük doğal sebebi ülkemiz arazi yapısının dağlık (ortalama yükseklik 1132 m) ve topografik eğimin yüksek olmasıdır. Erozyonla Mücadele Eylem Planı verilerine göre ülke topraklarının %62.5'i %15'ten büyük eğime, %46'sından fazlası da %40'tan fazla eğime sahiptir. Yine arazi

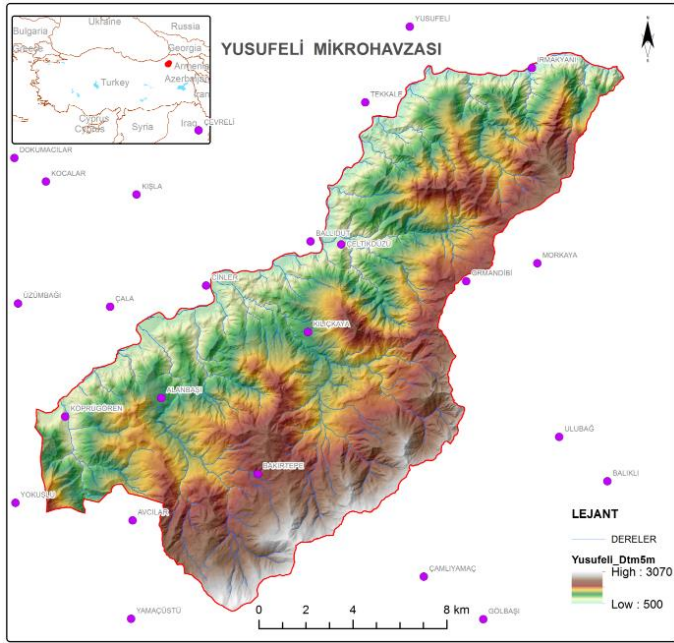
kullanımına bağlı olarak orman alanlarının %54'de, tarım alanlarının %59'da, meraların %64'ü çeşitli şiddette erozyona maruz kalmaktadır. Bu doğal etkinin yanında özellikle yönetsel hatalar neticesinde ortaya çıkan hatalı arazi kullanımı erozyon şiddetini ve etki alanını artıran en büyük insan kaynaklı faktördür (ÇMTUEP 2005).

Büyük ölçekli çalışmalarda erozyon ıslah projelerinin nerelerde ve nasıl yapılabileceğini belirlemek için her şeyden önce potansiyel erozyon alanlarının saptanması ve haritalanması gerekmektedir. Bu saptama bizlere uygulamada çok daha hızlı ve ekonomik kılacaktır. Nitekim Erozyonla Mücadele Eylem Planı (2013) kapsamında belirtilen öncelikle çalışmalar içerisinde ilk sırayı alan erozyon riskinin yüksek olduğu alanlarda erozyon miktarının asgari düzeylere çekilmesidir. Bu bağlamda bu çalışmada Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) / Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Eşitliği (YETKE) metodu Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile entegre edilerek potansiyel yüzey/tabaka erozyonunun, çalışma alanı olan Yusufeli Mikro Havzası içerisindeki mekânsal dağılımı ve miktarının hesaplanması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Alanı

Çalışma alanı Artvin in Yusufeli ilçesi yakınlarında seçilmiş olup, alanın yatay koordinatı 41,34142° - 41,646819° Doğu meridyeni ile dikey koordinatları 40,602109° - 40,823064° Kuzey paralelleri arasında yer almaktadır (Şekil 1). Alanın toplamdaki büyüklüğü 24523 ha'dır. Arazi engebeli ve dağlık olup ortalama eğimi %57 ve ortalama yüksekliği deniz seviyesinden 500 m ile 3070 m arasında değişmektedir. Arazi kullanımı açısından alanın %15 verimli orman, %43 bozuk orman, % 37 mera, %1.48 tarım ve %2.43 yerleşim yeri olarak kullanılmaktadır (OGM 2010). Alandaki mevcut toprak tipleri ise kahverengi orman toprağı (%86.7), alüvyon topraklar (%1.8), bazaltik topraklar (%1.2) ve yüksek dağ çayır toprakları (%0.8) olarak sıralanabilir (TRGM 2014). Çalışma alanındaki ortalama yıllık yağış 826 mm olup, ortalama sıcaklık ise 8.9 °C dir (MGM 2015).



Şekil 1. Çalışma alanı; Yusufeli Mikro Havzası

Veri Temini

Bu çalışmada 2011 yılına ait 50 cm çözünürlüğündeki çok bantlı "WorldView-2" uydu verileri kullanılmıştır. Uydu görüntüleri kırmızı (630-690 nm), yeşil (510-580 nm), mavi (450-510 nm), ve son olarak yakın kızıl ötesi (770-895 nm) bantlarından oluşmaktadır. Mevcut görüntülerin radyometrik, atmosferik ve geometrik düzeltilme işlemi veri sağlayıcısı tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan diğer materyaller başında Orman Genel Müdürlüğü tarafından kullanılan "dijital orman envanter haritalarıdır". Harita Genel Komutanlığı tarafından sağlanan kaynaklar ise 1:25000 ölçekli topoğrafik harita ve 5 m çözünürlükteki Sayısal Yükselti Modeli'dir (SYM). Son olarak yağış verilerinin temininde Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait yöredeki 601 m rakımda kurulu olan Yusufeli (ID:1645) meteoroloji iklim istasyonu kullanılmıştır.

RUSLE Modeli

Bu çalışmada potansiyel yüzey erozyonu miktarı ve bu miktarın alansal dağılımı mevcut erozyon tahmin modelleri içerisinde yaygın bir kullanıma sahip olan RUSLE modeli aracılığıyla, Uzaktan Algılama (UA), CBS ve saha ölçümleri kullanılarak Çoruh Havzasının alt havzası (Yusufeli Mikro Havzası) ölçeğinde tahmin edilmiştir. CBS sisteminde veri tabanları oluşturulmadan

önce veriler istatistiki analiz ve matematiksel denklemler yardımıyla tüm çalışma alanına enterpole edilerek her hücreye (piksel; birim alan) ait sayısal bir veri elde edilmiş ve neticesinde istenilen faktöre (toprak, vejetasyon, iklim ve topografya) ait bir yüzey/katman oluşturulmuştur. RUSLE yönteminin de (eşitliğinin de) temelini oluşturan bu faktörlere ait yüzeylerin CBS ortamında üst üste çakıştırılmasıyla potansiyel yüzey erozyonu her bir piksel için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu hesaplama diğer bir ifadeyle RUSLE eşitliği (Renard ve ark. 1991) olarak tanımlanıp aşağıdaki gibi yazılmaktadır;

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (1)$$

Burada "A" hesaplanmak istenen yıllık ortalama toprak kaybını ($t \text{ ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$), R; yağmur erozivite indeksini ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$), K; toprak erodibilitesini ($t \text{ s MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$), LS; eğim uzunluğu ve derecesini, C; bitki örtüsü veya arazi kullanımı (mera, orman, tarım vb.), ve P; toprak koruma tedbirlerini ifade etmektedir. Modelde erozyon miktarı erozyona etki eden faktörlerin (yağış, toprak, topografya, vejetasyon, koruyucu önlem) bir bileşkesi olarak değerlendirilmektedir (Renard ve ark. 1991).

Yağış (R) Faktörü

Yağış faktörü yağışın kinetik enerjisi ve şiddetine bağlı olarak toprağı erozyona uğratabilme potansiyeli olarak ifade edilir ve bu faktörlere bağlı olarak hesaplanır. R faktörünün hesaplanmasında kullanılan önemli indislerden biri Modifiye Edilmiş Fournier İndisidir (MFI). Modifiye edilmiş Fournier İndeks (MFI)'i ve R değer hesaplaması sırasıyla Eşitlik 2 ve Eşitlik 3 de gösterilmiştir (Arnoldus 1980; Renard ve Freimund 1994).

$$MFI = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_i^2}{P} \quad (2)$$

Burada P_i ; i'inci aydaki yağışı (mm), P; yıllık yağışı (mm) olarak ifade etmektedir. Bu çalışmada aylık ve yıllık yağış verileri kullanılarak MFI si yukarıdaki formül (Eşitlik 2) yardımıyla hesaplanmıştır. Yağışın erozyon oluşturma gücü R, aşağıdaki eşitlik;

$$R = (4.17 \times MFI) - 152 \quad (3)$$

denklemleri kullanılarak Yusufeli meteoroloji istasyonu için 23 yılın her yılı için ayrı ayrı hesaplanmış, daha sonra toplanan bu R faktör değerlerinin ortalaması alınarak mevcut istasyon için ortalama R Faktör değeri bulunmuştur. R faktör değerinin havza alanına uygulaması (R faktör katmanı oluşturma; R_{yeni}) aşağıdaki eşitlik yardımıyla gerçekleştirilmiştir (Renard and Foster 1998).

$$R_{yeni} = R_{istasyon} (P_{yeni}/P_{istasyon})^{1.75} \quad (4)$$

Burada R_{yeni} ; istenilen yükseklikteki bir lokasyon için hesaplanacak yeni RUSLE-R değerini, $R_{istasyon}$; kurulu istasyonda hesaplanan ortalama R değerini, P_{yeni} ; istenilen lokasyondaki hesaplanan yıllık yağış verisini, $P_{istasyon}$; kurulu istasyonda hesaplanan yıllık yağış verisini ifade etmektedir.

“ P_{yeni} ” yıllık yağış verisi yükselti yağış ilişkisi (her 100 m yükseklik için yağıştaki 54 mm değişim) göz önüne alınarak hesaplanarak bütün havza yüzeyine CBS aracılığıyla enterpole edilmiş ve neticesinde bir P_{yeni} yağış yüzeyi oluşturulmuştur.

Yamaç Uzunluğu ve Eğim (LS) Faktörü

Topografyanın erozyon üzerine etkisini belirleyen iki önemli alt faktörden biri eğimin derecesi diğeri ise eğimin (yamacın) uzunluğudur. Eğimin derecesinin ya da eğim uzunluğunun artışına bağlı olarak LS faktörünün erozyon üzerindeki bileşik etkisi artacaktır. Bu çalışmada LS faktörünün hesaplanmasında 5 m çözünürlüğündeki SYM kullanılmıştır. Çalışma alanının LS faktörü (LS yüzeyi) aşağıdaki eşitlik değerleri ArcGIS10.1 yazılımı ve model geliştiricisi kullanılarak hesaplanmış ve LS faktör haritası

Tablo 2. Topraktaki kil yüzdesine bağlı olarak belirlenmiş geçirgenlik sınıf değerleri

Kil (%)	≤10.0	10.0-15.9	16.0-21.6	21.7-27.4	27.5-39.0	≥39.1
Toprak Geçirgenliği (P)	1	2	3	4	5	6

Bir sonraki aşama olarak çalışma alanı için Orman Genel Müdürlüğünden (OGM) sağlanan dijital büyük toprak grubu haritaları 35 noktadan toplanan arazi verileriyle güncellenmiştir. Akabinde deneme alanlarından elde edilen K faktörü verileri alandaki diğer benzer yapıdaki toprak türleri içinde ArcGIS10.1 ortamındaki “Inverse Weighted Distance” (IWD) fonksiyonu kullanılarak mikro

üretilmiştir (Moore and Burch 1986; Renard ve ark. 1997).

$$LS = (Flow Accu. \times Cell Size / 22.13)^{0.4} \times (sinslope / 0.0896)^{13} \quad (5)$$

Burada *Flow Accumulation*; CBS deki su grid hücrelerinin alansal miktarını, *Cell Size*; hücrelerin uzunluğunu (50 cm), *Sinslope*; eğimin sinüs olarak grid cinsinden derecesini ifade etmektedir.

Toprağın Erozyona Duyarlılık Derecesi (K) Faktörü

K faktörü toprağın doğal yapısına bağlı olarak (erodibilite) yüzeysel akışa (eroziv faktörlere) göstermiş olduğu direnç olarak ifade edilir ve dört değişken (1-tekstür, 2-strüktür, 3-organik madde ve 4-permabilite; geçirgenlik) ile hesaplanır. Alandaki toprak türlerinin erozyona olan direnç derecelerini daha gerçekçi bir şekilde belirlemek için çalışma alanından rastgele seçilmiş 35 örnek noktasından toprak örneği alınmış olup bu örneklerin organik madde (%) tayini için Walkley-Blake’in ıslak yakma yöntemi (Walkley ve Blake 1934; Kalra ve Maynard 1991), tekstür yapısı (%kum, %silt ve %kil içerikleri) için de Bouyoucos’ un hidrometre yöntemi (Bouyoucos 1962) kullanılarak belirlenmiştir. Strüktür ve geçirgenlik değerleri her örnek noktadaki organik madde ve kil içeriklerine göre Tablo 1 ve Tablo 2 sınıf değerleri kullanılarak hesaplanmıştır (Lin ve Wang 2006).

Tablo 1. Organik madde yüzdesine göre belirlenmiş strüktür sınıf değerleri

OM (%)	≤0.5	0.51-1.5	1.51-4.0	≥4
Toprak strüktür derecesi (S)	1	2	3	4

havzanın diğer yerlerine enterpole edilmiştir. Böylelikle tüm mikro havzayı kapsayan güncellenmiş bir K faktör yüzeyi/haritası CBS veri tabanında oluşturulmuştur. K faktörünün hesaplanmasında kullanılan eşitlik aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Wischmeier ve ark. Smith 1978);

$$K = [2.1 \times 10^{-4} (12 - OM) M^{11.4} + 3.25 (S - 2) + 2.5 (P - 3)] / 100 \quad (6)$$

Burada OM; topraktaki organik madde miktarını (%), M; toprak taneciklerinin büyüklüğü (% silt) x (% silt + % kum) olarak, S; toprak strüktür derecesi ve P; permeabilite/geçirgenlik sınıfı (mdk^{-1}) olarak ifade edilmektedir. Kullanılan bu formül yardımıyla üretilen K değerleri Tablo 3 deki erodibilite sınıflarına göre değerlendirilmiştir.

Tablo 3. Toprakların erodibilite (erozyona duyarlılık) dereceleri (K) ve anlamları (Doğan ve Güçer 1976; Balcı 1996)

Erodibilite Faktörü (K)	Erodibilitenin anlamı ve derecesi
0.00 - 0.05	Çok az aşınabilir toprak
0.05 - 0.10	Az aşınabilir toprak
0.10 - 0.20	Orta derecede aşınabilir toprak
0.20 - 0.40	Kolaylıkla aşınabilir toprak
0.40 - 0.60	Çok kolaylıkla aşınabilir toprak
> 0.60	Aşırı derecede kolay aşınabilir toprak

Bitki Örtüsü ve Ürün Yönetimi (C) Faktörü

C-faktörü arazi kullanımını bağlı olarak alandaki bitki örtüsünün yüzey erozyonunu önleme potansiyeli olarak ifade edilir, bu bağlamda bitki örtüsü türü ve tepe kapallığı erozyona etki açısından büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada C faktör yüzeyi/haritası literatürde de yaygın bir kullanıma sahip olan Normalize Edilmiş Farklı Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) metodolojisi kullanılarak hesaplanmıştır (De Jong 1994; Demirci ve Karaburun 2012). Hesaplama ilk aşama, çalışma alanı içerisinde arazi kullanım tipi ve bitki örtüsü oranlarıyla bağlantılı olarak boyutları 20x20 m olarak (400 m^2) rastgele alınan toplam 35 deneme alanındaki arazi kullanım tipi ve bitki örtüsü belirlenmiş, bu seçilen deneme alanlarına ait C-faktör değerleri literatürde var olan mevcut sabit C faktör verilerden faydalanılarak hesaplanmıştır (Wischmeier ve Smith 1978; Renard ve ark. 1997). İkinci aşama olarak aynı deneme alanlarına ait ortalama NDVI değerleri 50 cm çözünürlüklü WordView2 uydu görüntüleri kullanılarak CBS ortamında hesaplanmıştır. Üçüncü aşama da ise elde edilen ortalama NDVI değerleri ile arazi C-faktör değerleri SPSS istatistik yazılımı kullanılarak regresyon analizleri yapılmış ve en iyi regresyon sağlayan (R^2 'si en yüksek ve RMSE en düşük olan) aşağıdaki kübik model çalışma alanına ait C-faktör yüzeyini/haritasını hesaplamada kullanılmıştır. C-faktör değerleri sıfıra yaklaştıkça toprağın bitki örtüsü

tarafından korunmasının artacağından negatif C-faktör değerleri maksimum koruma değeri 0,001 olarak kabul edilmiştir.

$$\text{C-Faktörü} = 0.353 + 2.220 \times \text{NDVI} - 9.644 \times \text{NDVI}^2 + 8.219 \times \text{NDVI}^3 \quad (7)$$

Toprak Koruma Faaliyetleri (P) Faktörü

Bu faaliyetler içerisinde çeşitli teraslar, şeritvari ekim ve toprak işleme gibi yüzeyin pürüzlülüğünü artırıcı ve eğimin uzunluğunu azaltıcı erozyon kontrol uygulamaları yer almaktadır. Bu çalışmada olduğu gibi herhangi bir kontrol faaliyetinin yapılmadığı alanlarda bu değer $P=1$ olarak alınmıştır.

Sediment İletim Oranı (SiO)

RUSLE formülüyle hesap edilen potansiyel yüzey erozyon miktarı havza yüzeyinde gerçekleşen kümülatif toprak taşınım ve hareketliliğini ifade etmekte olup bu miktar havza çıkış noktasında ölçülen toplam erozyon olarak değerlendirilmemelidir. Havzanın karakteristik yapısına bağlı olarak (toprak yapısı, topografya, drenaj ağı, havza şekli ve büyüklüğü) yüzey erozyonu ile üretilen toprağın belirli bir yüzdesi havza çıkış noktasına iletilebilmektedir. Sediment İletim Oranı (SiO) olarak tanımlanan bu yüzde havzada oluşan ve havzayı terk eden gerçek erozyon miktarını (sediment yield) vermekte olup aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanabilmektedir (Boyce 1975);

$$\text{SiO} = 0.5656 \times B^{-0.11} \quad (8)$$

Burada B; Havza alanını km^2 olarak ifade etmektedir. Buradan hareketle çalışma alanında gerçekleşen Sediment Verimi (SV);

$$\text{SV} = \text{SiO} \times A \quad (9)$$

Burada A; yıllık ortalama toprak kaybını ($\text{ton ha}^{-1}\text{yıl}^{-1}$) olarak ifade etmektedir.

BULGULAR

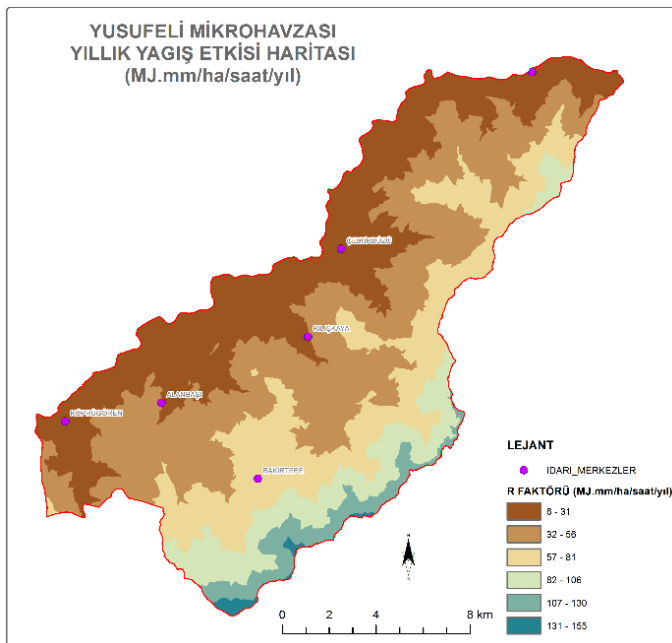
Faktör Haritalarının (Verilerin) Değerlendirilmesi

Yusufeli iklim istasyonundan elde edilen yağış verileri yardımıyla istasyona ait hesaplanan Modifiye edilmiş Fournier İndisi (MFI), R faktör değeri ve diğer bilgiler Tablo 4 de verilmiştir.

Tablo 4. Yusufeli Mikro Havzasında bulunan Yusufeli Yağış İstasyonuna ait ortalama yağış, MFI indisi ve de CBS de R yüzeyi oluşturmada kullanılan ortalama R değeri

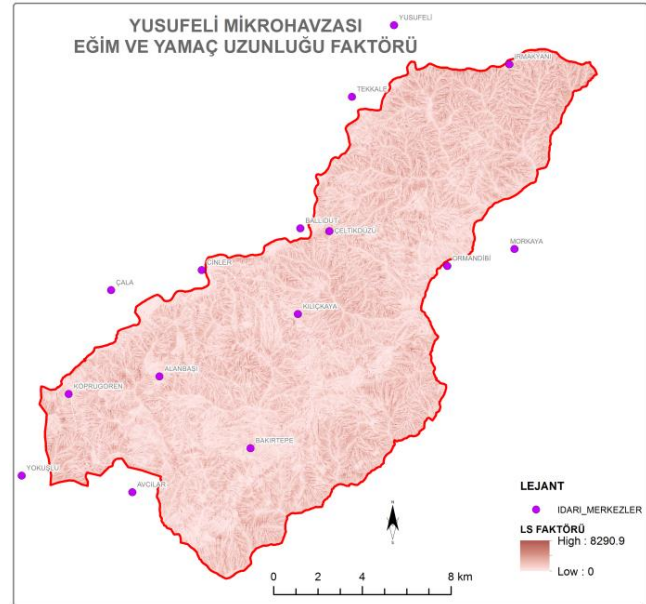
İstasyon	İstasyon ID	Enlem	Boylam	Yükselti	Veri süresi (yıl) /Kapsadığı yıllar	Yağış (mm)	MFI indisi	Ortalama R faktör değeri
Yusufeli	1645	40,8228	41,5464	601	23 / (1970-1999)	305	38	8.1

Çalışma alanına ait ortalama R faktör değeri 50 MJ mm ha⁻¹s⁻¹yıl⁻¹ olup en küçük 6 ile en büyük 155 arasında değişmektedir (Şekil 2). Burada düşük kategorilerdeki R değerleri yükseltinin kısmen düşük olduğu alanlara, büyük kategorilerdeki R değerleri yükseltinin büyük olduğu alanlara karşılık gelmektedir. Kısaca ifade etmek gerekirse R faktöründeki artış yükseltideki artışa bağlı olarak değişim gösterip artmaktadır. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde çalışma alanının orta ve özellikle alt yükseltilerinde yağışın erozyon oluşturma gücünün çok düşük olduğu ortaya çıkmaktadır.



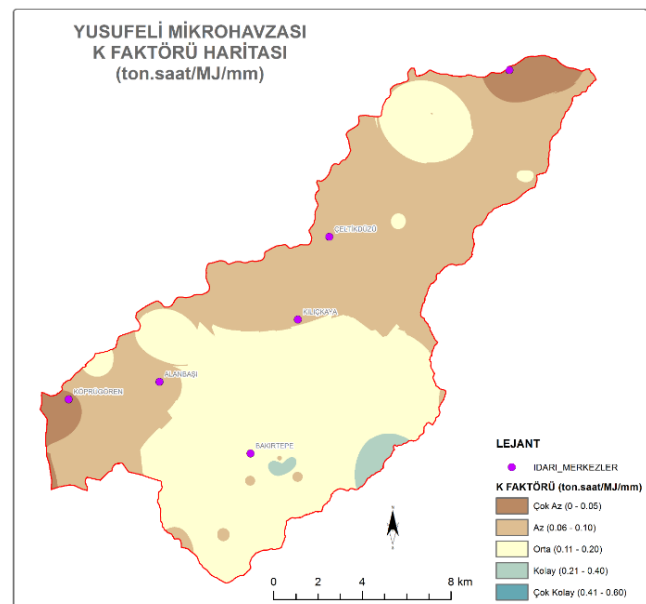
Şekil 2. Çalışma alanı Yusufeli Mikro Havzası'na ait "R faktör" haritası

Çalışma alanına ait ortalama “LS faktör” değeri 14.9 olup en küçük 0 ile en büyük 8291 arasında değişmektedir (Şekil 3). LS değerlerinin yüksek olduğu alanlar harita üzerinde koyu renkle gösterilmekte olup yamaç uzunluğu ve eğimin diğer alanlara oranla daha fazla arttığını ifade etmektedir. Bu çalışmadaki sarp ve dik alanlarda bu değerler çok büyük artışlar gösterebilmektedir. Buda bu alanlardaki erozyonun miktarını çok büyük değerlere çıkarmaktadır.



Şekil 3. Çalışma alanı Yusufeli Mikro Havzasına ait “LS faktör” haritası.

Çalışma alanına ait ortalama “K faktör” değeri 0.10 t s MJ⁻¹mm⁻¹ olup en küçük 0 ile en büyük 0.60 arasında değişmektedir (Şekil 4; Tablo 5). K değerlerinin yüksek olduğu alanlar harita üzerinde koyu açık sarı ve mavi renkte gösterilmekte olup toprağın erozyona duyarlılığının diğer alanlara oranla daha fazla arttığını ifade etmektedir.



Sekil 4. Çalışma alanı Yusufeli Mikro Havzası'na ait "K faktör" haritası.

Tablo 5. Yusufeli Mikro Havzası toprak örnekleri için hesaplanan ortalama Kum, Silt, Kil, Organik Madde, Strüktür, Geçirgenlik ve K faktör değeri (0-15 cm derinlikten)

Mikro Havza	Kum %	Silt %	Kil %	OM %	Strüktür sınıfı	Permeabilite Sınıfı (mdk ⁻¹)	Ortalama K Faktörü
Yusufeli	67.06	22.85	10.09	3.72	3.20	1.45	0.10

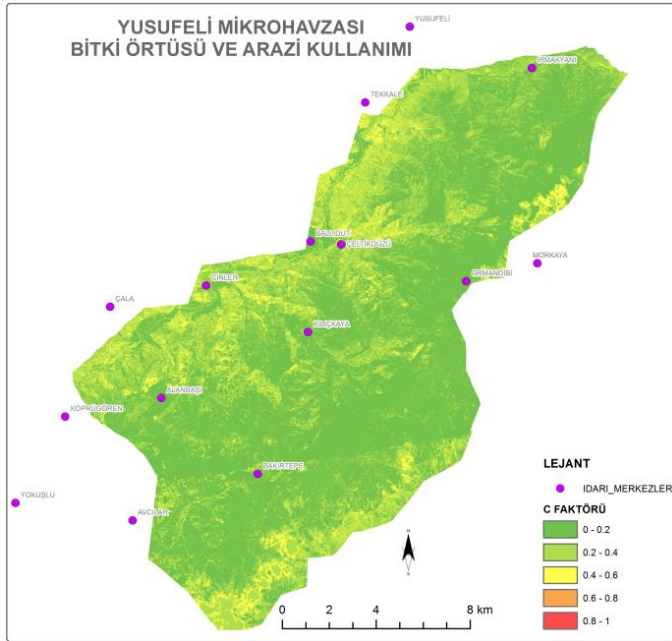
Arazi çalışmaları neticesinde havzadan elde edilen toprak örneklerinin ortalama K değerlerinin büyük çoğunlukla

(%92.93) 0.10-0.40 “Orta ve Kolay” derecede aşınabilir toprak aralığına düşmektedir (Tablo 6).

Tablo 6. K faktör değerlerinin toprak erodibilite kategorilerine alansal dağılımı

Mikro Havza	Çok Az (0-0.05) %	Az (0.06-0.10) %	Orta (0.11-0.20) %	Kolay (0.21-0.40) %	Çok Kolay (0.41-0.60) %	Aşırı Derecede (0.61-1.00) %
Yusufeli	1.58	4.08	46.91	46.02	1.42	0.00

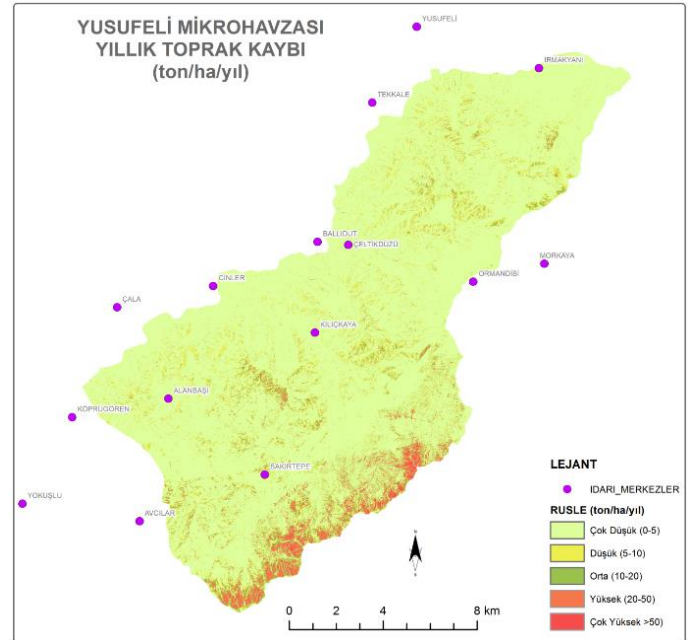
Çalışma alanına ait ortalama “C faktör” değeri 0.16 olup en küçük 0 ile en büyük 1 değeri arasında değişmektedir (Şekil 5). C değerlerinin yüksek olduğu alanlar harita üzerinde sarı, açık kahverengi ve kırmızı renklerle gösterilmekte olup bu alanlarda bitki örtüsünün yetersizliğinin ya da yokluğunun daha fazla olduğunu, dolayısıyla potansiyel erozyonun bu alanlarda daha yoğun olabileceğini ifade etmektedir.

**Şekil 5.** Çalışma alanı Yusufeli Mikro Havzası'na ait “C faktör” haritası.

Potansiyel Yüzey Erozyonu Miktarları ve Risk Kategorilerinin Alansal Dağılımı

Çalışma alanına ait SiO 0.31 olarak hesaplanmış ve bu değere bağlı olarak havzadan üretilen ortalama sediment verimi (toprak kaybı) 3.6 t ha⁻¹yıl⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Şekil 6). Bundan önceki verilerin (katmanların) üst üste çakıştırılmasıyla elde edilen bu bileşik haritada turuncu

ve kırmızıyla gösterilen alanlar erozyonun yüksek şiddette yaşandığı alanları ifade etmektedir. Yapılması planlanan erozyon ıslah/kontrol faaliyetlerinde bu alanlara öncelik verilmesi erozyon kaybını daha düşük seviyelere çekmek için önemli bir adım olacaktır. Alandaki erozyon dereceleri Şekil 6 da görüldüğü gibi çok düşük (0-5 t ha⁻¹yıl⁻¹), düşük (5-10), orta (10-20), yüksek (20-50), ve çok yüksek (>50) olarak beş farklı kategoride değerlendirilmiştir (Tablo 7). Bu veriler ışığında alanın % 3.6 'sında yüksek ve çok yüksek şiddette, % 4.7 'sinde orta şiddette ve % 91.8 'de düşük ve çok düşük miktarlarda erozyon gerçekleştiği görülmektedir.

**Şekil 6.** Yusufeli Mikro Havzası'na ait yıllık ortalama toprak kaybı (A) haritası.

Tablo 7. Potansiyel Yüzey erozyonun risk kategorilerine alansal dağılımı

Mikro Havza	Çok Düşük % (0-5)	Düşük % (5-10)	Orta % (10-20)	Yüksek % (20-50)	Çok Yüksek % (>50)
Yusufeli	82.8	9.0	4.7	2.9	0.7

TARTIŞMA VE SONUÇ

Türkiye’de baraj, göl ve deniz ekosistemlerine en çok toprak taşıyan akarsular içerisinde Fırat, Çoruh, Yeşilirmak ve Kızılırmak ilk sırada yer almaktadır (EMEP 2013). Türkiye yüz ölçümünün % 2.6’sını (19,872 km²) oluşturan Çoruh Havzası ve Nehri üzerindeki bazı istasyonların (Çoruh Nehri-Karşıköy, Çoruh Nehri-İspir köprü, Çoruh Nehri-Laleli, Çoruh Nehri-Altınsu, Oltu Suyu-Aşağıkumlu, Oltu Suyu-Coşkunlar, Deviskel Deresi-Gündoğdu, Berta Suyu-Bağlık, Çoruh Nehri-Çamlıkaya) ortalama yıllık sediment verimleri yaklaşık 1.99 t ha⁻¹yıl⁻¹’dır (199.5 ton km⁻²yıl⁻²) (EİE). Bu bağlamda Yusufeli mikro havzası için bu çalışmada hesaplanan ortalama toprak verimi (3.6 t ha⁻¹yıl⁻¹) bu değerlerle paralellik göstermektedir. Şekil 6 incelendiğinde yüksek ve çok yüksek düzeydeki erozyonun ağırlıklı olarak havzanın en güney kısmında özellikle yükseltinin maksimuma ulaştığı ve kısmen de havzanın orta kısımlarında ki güney yamaçlarında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 1). Rakımın 3000 metrelere ulaştığı bu alanlarda R faktöründeki artış direkt olarak arazinin yüksek rakımlarına düşen yağış miktarının fazlalığından kaynaklanmaktadır. Havzanın orta kısmındaki güney yamaçlarında da yüksek düzeyde erozyon hesaplanmış olup bunun en önemli sebebi bu alanlardaki güneşlenme süresinin artışına bağlı olarak nemin düşük kalması ve bitki örtüsünün olmayışı ya da çok az miktarda temsil edilmesinden kaynaklanmaktadır (Şekil 5). Toprak erodibilite (K) faktörünün çok fazla etkili olmadığı (Tablo 5) bu çalışmada özellikle topografyanın çok dağlık ve engebeli oluşu (Şekil 1 & 3) LS faktörünün erozyon üzerindeki etkisini artırmış olup bitki örtüsünün zayıf oluşu alanlarda erozyon değerlerini çok yükseklerle çekmiştir. Bu bağlamda çalışma alanı genelinde orta, yüksek ve çok yüksek düzeyde hesaplanan erozyon alanları toplam alanın % 8.3’ne karşılık gelmektedir. Havzada yapılacak erozyon ıslah projelerinde bu alanlara öncelik tanınması çok önemli olduğu gibi yörede yaşayan

halkın gereksinimleri dikkate alınarak mevcut yatırım kaynakların en verimli şekilde kullanımı neticesinde en yüksek faydanın elde edilmesine dikkat edilmelidir. Hektarda 10 ton ve altı (düşük ve çok düşük) sediment üretimi gerçekleştiren alanların toplam alana oranı % 91.8’dir (Tablo 7). Burada erozyon risk kategorilerinin (0-5, 5-10, 10-20, 20-50 ve >50) belirtilen sınırlar içerisinde adlandırılmalarındaki en önemli sebep çalışma alanının doğal yapısına bağlı olarak hesaplanan erozyon değerlerinin alansal olarak risk kategorilerine göre dağılımını ifade etmektedir (Angima ve ark. 2003; Karydas ve ark. 2009; Demirci ve Karaburun 2012).

Türkiye genelinde RUSLE metodu kullanılarak yapılan bazı çalışmalarda elde edilen ortalama erozyon miktarları bu alanların karakteristik özelliklerinden dolayıdır ki (iklim, topografya ve bitki örtüsü ağırlıklı) mevcut çalışmaya göre belirli derecelerde farklılık göstermektedir. Aynı şekilde RUSLE faktör hesaplamalarında kullanılan eşitliklerin (özellikle R faktör hesaplamalarındaki) ve altlık haritaların bazı faktörler için kısmen farklı oluşu üretilen erozyon miktarını da farklı kılmaktadır. Saygın ve ark. (2014) tarafından Çankırı ili sınırları içerisindeki alt havzalarda hesaplanan ağırlıklı ortalama sediment üretimi 11.6 t ha⁻¹yıl⁻¹, yine Çankırı ili sınırları içerisinde, fakat farklı alanlardaki değişik arazi kullanımlarında Ozcan ve ark. (2008) tarafından gerçekleştirilen diğer bir çalışmada elde edilen ortalama sediment verimleri ise tarım, mera ve orman alanı için sırasıyla 1.99, 1.29 ve 0.89 t ha⁻¹yıl⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Türkiye’nin bazı bölgelerinde yapılan diğer çalışmalardan elde edilen potansiyel toprak kaybına ilişkin sonuçlar, örneğin Seyhan Nehri Havzası için hesaplanan ortalama sediment verimi 16.4 t ha⁻¹yıl⁻¹ (Irvem ve ark. 2007), İstanbul’un batısında Büyükçekmece Gölü havzasında gerçekleştirilen bir çalışmada hesaplanan ortalama erozyon miktarı 2.4 t ha⁻¹yıl⁻¹ (Demirci ve Karaburun 2012), Sakarya Nehri Havzası’nda bulunan Güvenç Havzası için 15.98 t ha⁻¹yıl⁻¹ ve Küçükelmali Havzası için 4.9 t ha⁻¹yıl⁻¹ (Karakaş 2005), Ankara yakınlarındaki Çamlıdere Baraj Havzası’nda 7.3 ton/ha/yıl (Yılmaz 2006), Gelibolu yarımadası için 4.79 t ha⁻¹yıl⁻¹ (Pektezel 2015), Bursa Mustafakemalpaşa havzası için 11.18 t ha⁻¹yıl⁻¹ (Özsoy 2007), Hatay iline

bağlı İskenderun ilçesinin Zilli Dere havzası için $12.02 \text{ t ha}^{-1}\text{yıl}^{-1}$ (Değerliyurt 2013) olarak hesaplanmıştır.

Erozyon açısından değerlendirildiğinde havza içerisindeki erozyon miktarı ve yüksek risk alanlarını tahmini o havza için uygulanacak toprak koruma faaliyetlerinin öncelik sırasını belirlemek ve gerekli önlemleri alabilmek açısından çok önemli olduğu gibi havzadan toplamda üretilecek sediment miktarının azaltılması içinde büyük bir önem arz etmektedir. Nitekim erozyon, toprak kaybının yanında aynı zamanda gölet ve barajların ekonomik ömürlerini çok daha kısa sürede tamamlamalarına, su kalitesinin düşmesine, tarımsal üretimin kısıtlanmasına ve her şeyden önemlisi sel ve taşkınların oluşmasına zemin hazırlayarak büyük miktarlarda maddi ve manevi zararlara yol açmaktadır. Bu bağlamda Çoruh Nehri ve yan kollarında yakın zaman içerisinde yapılan, yapımı devam eden ve planlanan 170 aşkın büyük baraj ve küçük HES tesislerinin ekonomik ömürleri düşünüldüğünde havza genelinde yapılacak olan erozyon ıslah projelerinin sayısı ve miktarı çok büyük önem arz etmektedir. Çoruh Havzası genelinde erozyonla etkin bir mücadelenin gerçekleştirilebilmesi ve yapılan tesislerden en yüksek düzeyde fayda elde edilebilmesi için bu çalışmaya benzer nitelikteki çalışmalarla havza genelindeki yüksek erozyon risk alanlarının en kısa zamanda belirlenmesi ve gerekli önlemlerin acilen alınması şarttır.

Çalışma alanında yapılacak olan ıslah faaliyetlerindeki bir önemli belirleyici kıstas da mera alanlarının (%37) kullanım durumu ve bu alanlar üzerindeki hayvan varlığının oluşturduğu baskıdır. Tufekcioğlu ve ark. (2015) tarafından yapılan Yusufeli ilçesine bağlı köy meralarının “sağlık durumlarının” araştırıldığı bir çalışmada Bakırtepe köyü merasının “sorunlu”, Çeltikdüzü ve Alanbaşı köy meralarının da “riskli” mera sağlık kategorisi içerisinde yer aldığı tespit edilmiştir. Bu alanlardaki hayvancılık faaliyetlerinin planlı ve kontrollü bir şekilde yapılması mevcut mera durumunun korunması, iyileştirilmesi ve sürdürülebilir verimliliğin artırılması açısından çok önemlidir. Topografyanın ve iklimsel şartların zor olduğu bu ve benzer alanlarda yapılacak olun aşırı müdahale ve faydalanmalar ortamdaki doğal bitki ütsünün alandan uzaklaştırılmasına ve neticesinde

korumasız kalan toprak yüzeyinin çok şiddetli derecelerde erozyona maruz kalmasına yol açacaktır.

Ayrıca Çoruh Nehri Havzasının kısmen de olsa yarı kurak iklimsel şartlara sahip olması küresel ölçekte gerçekleşen iklim değişimi (IPCC 2007) etkisinin (sıcaklık ve yüksek şiddetli yağışlardaki artış) bu havzada ilerleyen yıllar içerisinde daha etkin yaşanabileceğini, bu vesile ile şiddetli erozyon alanlarının genişleyebileceği ve miktarlarının artacağı düşünülmektedir. Yapılan uzun dönemli eylem planlamalarında bu gerçeğin Çoruh havzasında olduğu gibi Türkiye’deki diğer bütün ana havzalar için de göz önünde bulundurulması, planlamaların başarıyla tamamlanması ve de öncelik sırasına göre doğru hedefe (havzalara) yönlendirilmesi açısından çok önemlidir.

Teşekkür

Bu çalışmayı “Çoruh Nehri Havzası Rehabilitasyon Projesi” kapsamında destekleyen Orman Genel Müdürlüğü ve Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) yönetici ve personeline, çalışmada katkıları bulunun Prof. Dr. Aydın Tüfekcioğlu, Arş. Gör. Ahmet Duman, Arş. Gör. Musa Dinç, Arş. Gör. Can Vatandaşlar, Yüksek Orman Mühendisi Canan Açıkgöz’e, ayrıca diğer kişi ve kuruluşlara teşekkürlerimizi bir borç biliriz.

KAYNAKLAR

- Angima SD, Stott DE, O'Neill MK, Ong CK, Weesies GA (2003) Soil erosion prediction using RUSLE for Central Kenyan highland conditions. *J Agric, Ecosyst & Environ* 97 (1-3): 295-308
- Arnoldus HMJ (1980) An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. In: De Boodt M, Gabriels D (eds) *Assessment of erosion*. Wiley, Chichester, 127-132 s
- Balcı N A (1996) *Toprak Koruması*. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3947, 180 s, İstanbul
- Bouyoucos G J (1962) Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal*, 54(5): 464-465.
- Boyce RC (1975) Sediment routing with sediment delivery ratios. Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources, US Department of Agriculture Publication ARS-S-40, 61-65 s
- Carpenter SR, Caraco NF, Correll DL, Howarth RW, Sharpley AN, Smith aVH (1998) Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecol Appl* 8:559–568
- Çakal, M. A., Özlü, A., Birhan, H., Bakır, H., Gültepe, N. Z., & Ayday, C. (1997). Tortum gölü havzasının uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemiyle erozyon risk haritasının hazırlanması. Türkiye'nin Erozyon Sorunu ve Adana'nın Yeri Kongresi, Çağrılı Bildiriler, Proje Tasarımları, Önlem ve Öneriler Kitabı, 5-6 Aralık 1997, Adana, Turkey.
- ÇEM (2015) Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Türkiye çölleşme ve erozyonla mücadele faaliyetleri. http://www.cem.gov.tr/erozyon/files/yayinlarimiz/CEM_FAALİYET_TR.pdf (Ziyaret tarihi: 20 Ağustos 2016)
- ÇMTUEP (2005) Çölleşme ile mücadele Türkiye ulusal eylem planı. Çölleşme ile Mücadele Ulusal Koordinasyon Birimi, Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları No: 250, 124 s, Ankara
- ÇMUSEP (2015) Çölleşme ile mücadele ulusal strateji ve eylem planı (2015-2023). Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, 148 s, Ankara
- De Jong SM (1994) Applications of reflective remote sensing for land degradation studies in a mediterranean environment. *Nederlandse Geografische Studies*, 177 s
- Değerliyurt M (2013) Zilli dere havzası'nda (İskenderun) CBS tabanlı erozyon duyarlılık analizi. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi* 172(172): 257-272
- Demirci A, Karaburun A (2012) Estimation of soil erosion using rusle in a gis framework: A case study in the büyükçekmece lake watershed, northwest Turkey. *Environ Earth Sci* 66: 903-913
- Doğan O, Güçer C (1976) Su Erozyonunun Nedenleri-Oluşumu ve Universal Denklem ile Toprak Kayıplarının Saptanması
- EİE, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü. <http://www.coruhhavzasi.com/12-proje-alani.html> (Ziyaret tarihi: 20 Mart 2016)
- EMEP (2013) Erozyonla mücadele eylem planı (2013-2017). Orman ve Su İşleri Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, 101 s, Ankara
- http://www.cem.gov.tr/erozyon/Files/moduller/collesme/belgeler/Turkey_s_National_Action_Program_on_Combating_Desertification.pdf (Ziyaret tarihi: 07 Eylül 2016)
- IPCC (2007) Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Solomon SD, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL, Eds. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, s 996
- Irvem A, Topaloğlu F, Uygur V (2007) Estimating spatial distribution of soil loss over Seyhan River Basin in Turkey. *J of Hydrol* 336(1):30-37
- Kalra YP, and Maynard DG (1991) *Methods Manual for Forest Soil and Plant Analysis*. Forestry Canada, Northern Forestry Publications. Alberta, Canada.
- Karakaş E (2005) Küçükermalı ve Güvenç Havzalarının su ve sediment verimlerine göre sürdürülebilir yönetimi. Ankara

- Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Ankara, 236 s
- Karydas CG, Sekuloska T, Silleos GN (2009) Quantification and site-specification of the support practice factor when mapping soil erosion risk associated with olive plantations in the Mediterranean island of Crete. *Environ Monit and Assess* 149: 19-28
- Lin Q and Wang X (2006) Soil Erosion Prediction Using RUSLE with GIS: A case study in upper Chaobai River basin of China, *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Denver, CO, USA, pp.1078-1081
- MGM (2015) Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Artvin/Yusufeli Meteoroloji İstasyon Verileri, Ankara
- Moore ID, Burch GJ (1986) Physical basis of the length-slope factor in the Universal Soil Loss Equation. *Soil Sci Soc Amer J* 50:1294-1289
- Morgan R (2005) Soil erosion and conservation. 3 ed, Blackwell Publishing, 316 s, USA
- Orman Genel Müdürlüğü (OGM) (2010) Artvin/Yusufeli/Kılıçkaya Orman İşletme Şefliği Fonksiyonel Orman Amenajman Planı, 349 s, Ankara
- Ozcan AU, Erpul G, Basaran M, Erdogan HE. (2008) Use of USLE/GIS technology integrated with geostatistics to assess soil erosion risk in different land uses of Indagi Mountain Pass—Cankırı, Turkey. *Environ Geol* 53(8):1731-1741
- Özsoy G (2007) Uzaktan algılama (ua) ve coğrafi bilgi sistemi (cbs) teknikleri kullanılarak erozyon riskinin belirlenmesi, Uludağ Üniv. Fen Bilimleri Ens., Bursa, Doktora Tezi, 154 s.
- Pektezel H (2015) Gelibolu yarımadası'nda CBS tabanlı RUSLE (3D) yönetimiyle erozyon duyarlılık analizi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Sayı 17, s. 131-151
- Renard KG, Foster GR (1998) R factor-rainfall/runoff erosivity. In: Galetovic JR (ed) *Guidelines for the use of the revised universal soil loss equation (RUSLE) version 1.06 on mined lands, construction sites and reclaimed lands*. The Office of Thechnology Transfer Western Regional Coordinating Center Office of Surface Mining, Denver, CO, s 2.1-2.8
- Renard KG, Foster GR, Weesies GA, McCool DK, Yoder DC (1997) Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the RUSLE. *Agricultural Handbook No:703*. US Department of Agriculture, Washington, DC.
- Renard KG, Foster GR, Weesies GA, Porter JP (1991) RUSLE, Revised Universal Soil Loss Equation. *J Soil Water Conser* 46(1):30-33
- Renard KG, Freimund JR (1994) Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *J Hydrol* 157: 287–306
- Saygın SD, Ozcan AU, Basaran M, Timur OB, Dolarslan M, Yılman FE, Erpul G (2014) The combined RUSLE/SDR approach integrated with GIS and geostatistics to estimate annual sediment flux rates in the semi-arid catchment, Turkey. *Environ Earth Sci* 71(4):1605-1618
- Sucu S, Dinç T (2008) Çoruh havzası projeleri. In: TMMOB 2. Su Popitikalari Kongresi 1. Cilt. 33-38 s.
- TEMA (2015) Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı Basın Bülteni (16 Haziran 2015). http://tema.org.tr/web_14966-2_1/entitilfocus.aspx?primary_id=1463&target=categorial1&type=2&detail=single (Ziyaret tarihi: 07 Ağustos 2016)
- TRGM (2014) Tarım Reformu Genel Müdürlüğü, Büyük Toprak Grubu Veri Tabanı Bilgileri.
- Tufekcioglu M, Isenhardt TM, Schultz RC, Bear DA, Kovar JL, Russell JR (2012) Stream bank erosion as a source of sediment and phosphorus in grazed pastures of the rathbun lake watershed in southern Iowa, United States. *J Soil Water Conser* 67(6):545-555
- Tüfekçioglu A, Tüfekçioglu M, Hacikamiloglu I, Duman A, Dinç M (2015) Artvin ili Yusufeli ilçesinde meraların ve hayvancılığın mevcut durumunun değerlendirilmesi. In: Demirel F (ed) *Yusufeli barajının ilçeye etkileri: mevcut durum, potansiyel, gelecek*. Yusufeli Belediyesi Yayınları Birinci Baskı, Yusufeli, 125-152 s
- UNCCD (2006) United Nations Convention to Combat Desertification, Turkey's National Action Program on combating desertification. Ministry of Environment and

Forestry Publication No: 250

http://www.cem.gov.tr/erozyon/Files/moduller/collesme/belgeler/Turkey_s_National_Action_Program_on_Combating_Desertification.pdf (Ziyaret tarihi: 20 Mart 2016)

Wischmeier WH, Smith DD (1978) Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. USDA Handbook. US Department of Agriculture, Washington, DC, vol. 537, 58 s

Walkley A, Blake IA (1934) An examination of the Degtjareff method for the determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci 37: 29-38.

Yılmaz E (2006) Çamlıdere Baraj Havzasında erozyon problemi ve risk analizi. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 98 s